

ÁREAS ALTERADAS EM FUNÇÃO DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS NO BIOMA CERRADO LOCALIZADO NO ESTADO DO MATO GROSSO (MT), ATÉ O ANO DE 2001: UMA ABORDAGEM ESPAÇO-TEMPORAL

Disturbed Areas Due to Human Activities in the Cerrado Biome Located in Mato Grosso State (MT), until the Year 2001: A Spatial-temporal Approach

Gustavo Bayma S. da Silva¹
Antonio Roberto Formaggio²
Yosio Edemir Shimabukuro³

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR

Av. dos Astronautas, 1758 - Jardim da Granja São José dos Campos, SP - 12.227-010, Brasil

¹bayma@dsr.inpe.br

²formag@dsr.inpe.br

³yosio@dsr.inpe.br

RESUMO

Nos últimos 15 anos o Brasil tornou-se uma potência agrícola mundial e o bioma Cerrado tem tido um papel importante no crescimento da agricultura brasileira nas últimas quatro décadas. Localizado na porção central do país, este bioma ocupa uma área de aproximadamente dois milhões de km². Dada a dinâmica da alteração da vegetação natural do Cerrado, este trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espacial das áreas alteradas no bioma Cerrado entre os anos de 1990 e 2001, no estado do Mato Grosso. Este estado possui posição de destaque na produção agrícola e pecuária nacional. Dessa maneira, a área de estudo corresponde à porção sul do Estado, com uma área aproximada de 380.000 km². Neste trabalho, foram utilizadas 28 cenas do sensor TM, correspondente ao ano de 1990, e o mesmo número de cenas do sensor ETM+, obtidas no ano de 2001, para que as áreas naturais alteradas pudessem ser contabilizadas. Os resultados das análises realizadas indicaram que até 1990 as maiores conversões das áreas naturais ocorreram nas mesorregiões Centro-Sul, Norte e Sudeste, e no período de 1990 até 2001 as maiores conversões ocorreram nas mesorregiões Norte e Sudeste, próximas a fronteira com o bioma Amazônia. De acordo com o mapa de solos, os Latossolos e Neossolos foram as classes que apresentaram maiores alterações e de acordo com o mapa de geomorfologia, as áreas correspondentes aos sistemas que compõem o sistema Denudacional foram os locais de maior crescimento das atividades antrópicas consideradas neste trabalho.

Palavras chaves: Bioma Cerrado, Mesorregiões, Classes de Solos, Geomorfologia.

ABSTRACT

Over the past 15 years, Brazil has become a global agricultural power, and Cerrado biome has played an important role in the growth of Brazilian agriculture, in the last four decades. Located in the central portion of the country, Cerrado biome covers an area of approximately two million square kilometers. The aim of this paper is to analyze the spatial distribution of disturbed areas, between 1990 and 2001 years, in the Cerrado biome located in Mato Grosso State. So the study area corresponds to the south portion of the Mato Grosso state, covering approximately 380,000 km². In this work, 28 Landsat TM and ETM+ images, correspondent to 1990 and 2001 years, respectively, from Global Land Cover Facility (GLCF) were used. The results indicated that the largest conversion of natural areas occurred in Center-South, North and Southeast mesoregions, up to 1990. From 1990 to 2001 the highest conversions occurred in North and Southeast mesoregions, nearly the border of Amazonia biome. According to the soil map, the results showed that Latossols and Neosols were the most used for the development of human activities. According to the geomorphology map, areas corresponding to the systems that comprise the Denudacional system were the areas of highest growth of human activities.

Keywords: Cerrado Biome, Mesoregions, Soil Classes, Geomorphology.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável está cada vez mais atrelado ao desenvolvimento econômico e social. O equilíbrio entre ambos acarreta em uma nova dimensão no desenvolvimento econômico. Não somente o grande desenvolvimento econômico deve ser buscado como também um desenvolvimento preocupado com o meio ambiente no qual este está inserido (BRASIL, 2002).

Nas últimas décadas, o Brasil tornou-se uma potência agrícola mundial e o bioma Cerrado vem tendo um papel cada vez mais importante no crescimento da agricultura. Localizado na porção central do país, este bioma ocupa uma área de aproximadamente dois milhões de km². A atividade agropastoril se insere nos termos do desenvolvimento sustentável, devido à maior preocupação com a expansão e descontrolado dos processos produtivos nela inseridos, como por exemplo, insumos agrícolas e demanda cada vez maior por água. O bioma Cerrado serve de exemplo, pois cerca de 40% da conversão da sua área original ocorreu em função de atividades como a agropecuária e a agricultura (SANO *et al.*, 2002; BRASIL, 2007).

As alterações da cobertura vegetal natural podem ser em decorrência de atividades antrópicas, como ocupação de áreas para atividades agropastoris e construções de reservatórios de água, ou por processos naturais, como a diferença no comportamento da vegetação entre o período seco e chuvoso. Isto acaba por influenciar os ciclos naturais, como o climático e o biogeoquímico, do sistema terrestre. Dessa forma, a preservação dos ecossistemas terrestres exerce controle em ciclos naturais, sendo que estes ciclos são importantes nos sistemas climáticos (ANDERSON, 2004; ANDERSON *et al.*, 2005).

O estado do Mato Grosso ocupa posição de destaque na produção agrícola nacional, principalmente devido a cultura de soja. A expansão da agricultura, resultado do processo de ocupação do Centro-Oeste brasileiro incentivada pelo Governo Federal no início da década de 70, do século passado, pode ser considerada como um dos principais motivos da transformação da paisagem no Estado do Mato Grosso.

Em função da dinâmica espaço-temporal das alterações ocorridas, com a rápida antropização de extensas áreas, faz-se necessária a implementação de um sistema de monitoramento sistemático e operacional para o bioma Cerrado, da mesma maneira que os sistemas já existentes para o bioma Amazônia (SILVA e FERREIRA, 2005). O bioma Cerrado possui uma deficiência em mapeamentos sistemáticos (AGUIAR *et al.*, 2005), e programas como os existentes para o bioma Amazônia, que possui o Programa de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) e um sistema de monitoramento e alerta para identificar e mapear áreas desflorestadas em formações florestais tropicais denominado Projeto de Detecção de Áreas Desflorestadas em Tempo Real (DETER), devem ser desenvolvidos para atender a demanda do bioma. Para

Ferreira *et al.* (2007) a inexistência destes sistemas ocorre em função de questões políticas e técnicas.

Para Nepomuceno (2003), torna-se primordial o desenvolvimento de novas ferramentas que auxiliem no conhecimento e monitoramento de grandes áreas de cobertura vegetal, como o bioma Cerrado. A implantação de um sistema de monitoramento sistemático para essa região pode ser realizada através da utilização de imagens de sensores de resolução moderada, como as imagens de índices de vegetação do sensor MODIS, (SILVA e FERREIRA, 2005), dado que este sensor possui alto potencial para a dinâmica da vegetação e estudos da fenologia do bioma (RATANA *et al.*, 2004).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espacial das áreas alteradas no bioma Cerrado entre os anos de 1990 e 2001, com base em dados TM e ETM+ dos satélites Landsat. Entende-se que a compreensão da dinâmica de alteração da vegetação natural no bioma Cerrado é um fator importante, visando subsidiar ações futuras de contabilização e predição de locais de desmatamentos e de alteração da cobertura vegetal para áreas de pastos e culturas agrícolas.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde ao bioma Cerrado inserido no estado do Mato Grosso (Fig.1), entre as coordenadas 10° 00' e 18° 05' de latitude sul e 50° 45' e 60° 15' de longitude oeste. O limite do bioma Cerrado adotado foi estabelecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2004), assim como os limites municipais atualizados até o ano 2005. A área de estudo é considerada no trabalho de Mueller e Martha Júnior (2008) como uma das sete regiões de agricultura dinâmica do Cerrado, caracterizada pela abertura e ocupação recente de áreas agrícolas.

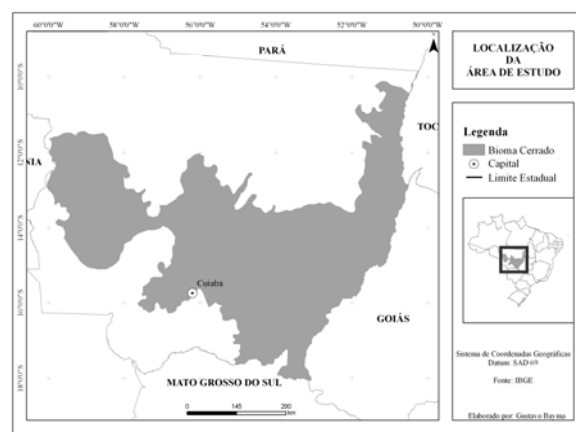


Fig.1 - Localização da área de estudo: bioma Cerrado no estado do Mato Grosso.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Imagens Landsat

As imagens Landsat utilizadas neste trabalho são dos sensores TM (*Thematic Mapper*) e ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) do acervo do *Global Land Cover Facility* – GLCF. A disponibilidade dos dados influenciou na escolha das datas analisadas neste trabalho, correspondendo aos anos de 1990 e de 2001. Optou-se por esta fonte de dados pelo fato de as imagens encontrarem-se georreferenciadas e ortoretificadas. Para a realização deste trabalho foi montado um Banco de Dados (BD) no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING (CÂMARA *et al.*, 1996). As imagens foram convertidas para o sistema de coordenadas geográficas e datum SAD/69 devido à grande extensão da área de estudo.

Os dados gerados no mapeamento da cobertura vegetal do bioma Cerrado pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) no ano de 2002 serviram de base para a geração dos mosaicos com as áreas convertidas para os anos de 1990 e 2001. No levantamento realizado pelo PROBIO foram consideradas as seguintes classes para a legenda de áreas alteradas: (i) cultura agrícola; (ii) pastagem cultivada; (iii) reflorestamento com pinus ou eucalipto; (iv) área com influência urbana; e (v) área degradada por mineração.

O mosaico de imagens foi realizado no *software* ENVI, sendo necessárias 28 cenas dos satélites Landsat para o recobrimento total da área de estudo. Os mosaicos de 1990 e de 2001 foram importados para um Banco de Dados (BD) no SPRING 4.3. Neste BD foram mascaradas as áreas referentes aos remanescentes da cobertura vegetal mantendo assim as áreas que o PROBIO classificou como alterada (Fig. 2).

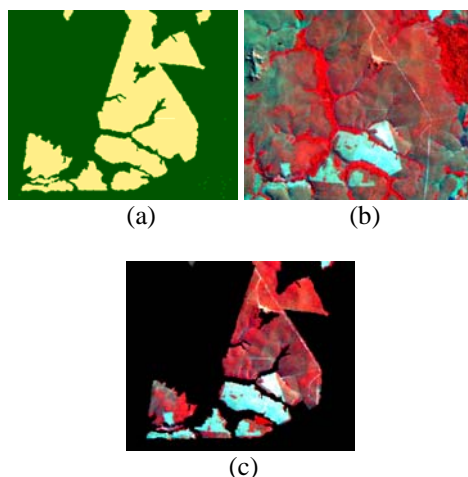


Fig. 2. - Etapas da metodologia adotada para as imagens Landsat. a) mapeamento do PROBIO: em verde, áreas de cobertura vegetal de Cerrado e em amarelo, áreas alteradas; b) imagem Landsat TM (1990); e c) área de cobertura vegetal natural mascarada.

As imagens foram segmentadas, adotando-se o valor 8 para similaridade e o valor 64 para área. Posteriormente, a segmentação foi vetorizada e os polígonos foram classificados em apenas duas classes: (i) alterado e (ii) natural (Fig. 3). A etapa da edição vetorial foi realizada no *software* Arcview 3.2. Desta forma as áreas que não haviam sofrido modificação nas datas das imagens, 1990 e 2001, foram desconsideradas, gerando por fim o mosaico das áreas alteradas para o anos de 1990 e de 2001.

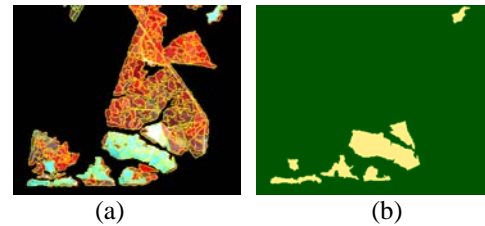


Fig. 3 – Segunda etapa da metodologia adotada para as imagens Landsat. a) imagem Landsat TM de 1990 segmentada; b) mapa de 1990: áreas de cobertura vegetal natural de Cerrado (em verde), e áreas alteradas (em amarelo).

As áreas classificadas como remanescentes da cobertura vegetal pelo PROBIO continham informações relevantes em relação às áreas alteradas, devido a diferença da área mínima considerada, 0,4 km² (40 ha) do PROBIO e 0,0625km² (6,25ha) deste trabalho. Para que as áreas menores que 40 ha e maiores que 6,25 ha fossem mapeadas, as áreas previamente mascaradas passaram por um minucioso processo de verificação com vistas à digitalização de eventuais áreas alteradas. No final deste processo foram desconsideradas todas as áreas menores que 6,25 ha. Cabe ressaltar que neste processo foram também inseridas as áreas desmatadas que foram desconsideradas na metodologia do PROBIO.

De posse das informações relativas às alterações da cobertura vegetal da área de estudo, estas foram cruzadas com as informações das mesorregiões e com as informações dos solos e de geomorfologia do Estado do Mato Grosso, na escala de 1:250.000 junto à Secretaria de Estado e Planejamento e Coordenação Geral do Mato Grosso – SEPLAN. O limite das mesorregiões do Estado do Mato Grosso foi obtido junto ao IBGE.

3.1.1 Áreas de Queimadas

As áreas de queimadas encontradas nas imagens tiveram tratamentos diferentes em função da formação vegetal em que se encontravam. As queimadas realizadas em áreas de Cerrado de formação savânica, excluindo a Savana Florestada, e campestre foram consideradas como uma prática de manejo para o gado (Fig. 4a). No período de seca, principalmente em agosto e setembro, a vegetação é muitas vezes queimada para que a rebrota se torne mais palatável para os animais (COUTINHO, 1990)

Desta forma as áreas de queimadas em áreas de formação florestal foram incluídas neste trabalho na classe de áreas alteradas (Fig. 4b).

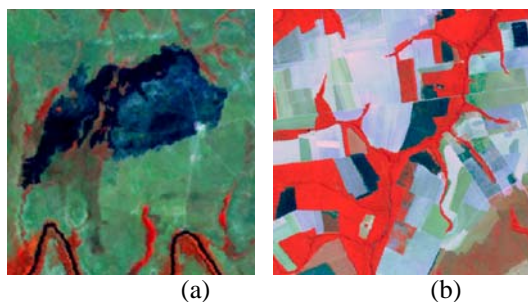


Figura 4. – Composição Landsat R(4) G(5) B(3) de áreas de queimadas em: a) formação de savana; b) formação florestal.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Áreas alteradas entre 1990 e 2001, por mesorregiões

No centro da área de estudo e na parte norte, faixa de fronteira com o bioma Amazônia, pode ser percebida uma grande mancha de alteração (Fig 5). Considerando o agrupamento dos municípios em mesorregiões, podem ser destacadas três regiões em número elevado de áreas alteradas, sendo elas: Centro-Sul, apesar da pouca representatividade de seus municípios na área de estudo, Norte e Sudeste. Dos 382.169,5 km² de área total de estudo, 97.152,2 km² foram considerados como áreas que sofreram algum tipo de conversão antrópica, possíveis de serem interpretadas na data da passagem das imagens, correspondendo à aproximadamente 25% do total da área de estudo (Tabela 1).

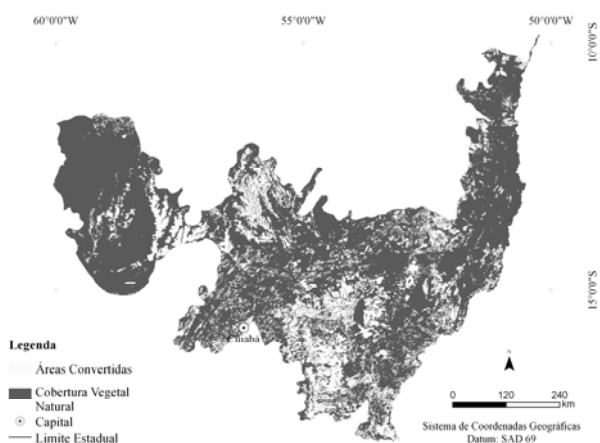


Figura 5 - Mapa da cobertura vegetal e das áreas convertidas até 1990.

TABELA 1 – ESTIMATIVA DAS ÁREAS ALTERADAS, EM MIL KM²

| Classe | 1990 | % | 2001 | % |
|--------------|---------------|------------|---------------|------------|
| Alterada | 97,15 | 25,4 | 140,11 | 36,7 |
| Outros | 285,02 | 74,6 | 242,06 | 63,3 |
| Total | 382,17 | 100 | 382,17 | 100 |

Em relação ao ano de 1990, é visível o aumento das alterações por toda a área de estudo no ano de 2001 (Fig. 6). Na região que corresponde à mesorregião Sudoeste, extremo oeste da área de estudo, também podem ser observadas pequenas alterações em função de atividades antrópicas. Nesta região estão localizadas algumas Terras Indígenas e uma Unidade de Conservação Federal de Proteção Integral, a Estação Ecológica Iquê. Considerando a expansão das áreas alteradas, em relação a 1990 houve um aumento de 44,2%, passando de 97.152,2 km² para 140.112,8 km². Em 1990 as áreas alteradas respondiam por 25,4% e em 2001 passaram a responder por 36,7% da área total de estudo, que corresponde ao bioma Cerrado dentro do estado do Mato Grosso.

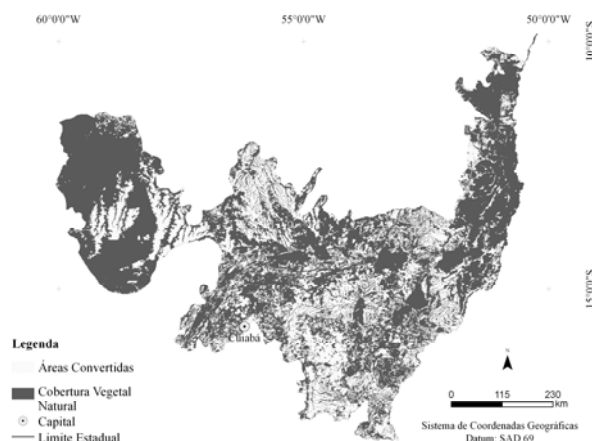


Figura 6 - Mapa da cobertura vegetal e das áreas convertidas até 2001.

Em relação à distribuição espacial pelo Estado do Mato Grosso, a mesorregião Norte apresentou maior crescimento de áreas alteradas no intervalo de tempo estudado, com 60,9% de aumento (Tabela 2). Nesta mesorregião podem ser destacados os municípios de Sinop e Sorriso, que são conhecidos pela grande produção de soja e milho (Fig. 7).

TABELA 2 – ESTIMAIVA DAS ÁREAS ALTERADAS POR MESORREGIÕES, EM MIL KM²

| Mesorregião | Total | % ¹ | 1990 | % ² | 2001 | % ² |
|--------------|---------------|----------------|--------------|----------------|---------------|----------------|
| Centro-sul | 38,72 | 10,1 | 8,55 | 8,8 | 13,46 | 9,6 |
| Nordeste | 107,88 | 28,2 | 21,92 | 22,6 | 34,18 | 24,4 |
| Norte | 139,94 | 36,6 | 30,10 | 31 | 48,41 | 34,6 |
| Sudeste | 76,30 | 20 | 34,99 | 36 | 42,02 | 30 |
| Sudoeste | 19,33 | 5,1 | 1,59 | 1,6 | 2,04 | 1,5 |
| Total | 382,17 | 100 | 97,15 | 100 | 140,11 | 100 |

Na região Sudeste mais da metade de sua extensão foi convertida. O trabalho de Sano *et al.* (1999) destacou o município de Rondonópolis pela considerável participação na produção nacional de grãos, expansão das áreas de pastagens cultivadas e presença de diversos frigoríficos.

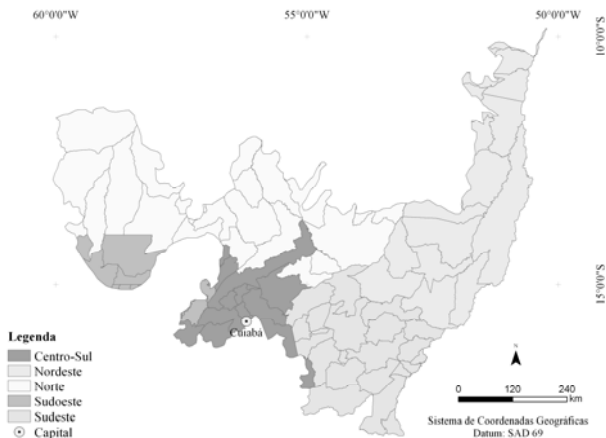


Fig. 7 - Divisão das mesorregiões da área de estudo.
Fonte: PRODEAGRO (2000a)

As mesorregiões Sudoeste e Nordeste apresentaram os menores valores percentuais de áreas alteradas, para ambos os anos (1990 e 2001). Cabe ressaltar que a mesorregião Nordeste apresentou poucas áreas alteradas, apesar de sua grande extensão. Isto pode ser parcialmente explicado pelo fato de que nesta região localizam-se as depressões do Alto Xingú e Médio Araguaia, que constituem amplas planícies inundadas e alagadas periodicamente pelas enchentes dos rios.

4.2. Áreas alteradas entre 1990 e 2001, por classes de solos

A Tabela 3 mostra as áreas das classes de solos, mais representativas, e suas respectivas áreas alteradas por atividades antrópicas.

TABELA 3 - ÁREAS ALTERADAS POR CLASSES DE SOLOS, PARA OS ANOS DE 1990 E 2001, EM MIL KM².

| Tipo de Solo | Total | % ¹ | 1990 | 2001 |
|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| Latossolo | 148,50 | 38,90 | 58,05 | 80,01 |
| Neossolo | 107,97 | 28,30 | 16,72 | 25,69 |
| Plintossolo | 46,58 | 12,20 | 5,53 | 9,78 |
| Cambissolo | 45,00 | 11,80 | 7,84 | 12,89 |
| Alissolo | 18,75 | 4,90 | 7,93 | 9,95 |
| Gleissolos | 11,59 | 3,00 | 0,74 | 1,31 |
| Outros | 3,79 | 0,90 | 0,33 | 0,49 |
| Total | 382,17 | 100,10 | 97,15 | 140,11 |

As maiores classes de solos representadas foram (Fig. 8):

(i) Latossolos (38,9%), que são solos profundos, bastantes porosos e permeáveis, podendo ser encontrados em áreas onde o relevo varia de plano a

forte ondulado (PRODEAGRO, 2000a; GUERRA e BOTELHO, 2001);

(ii) Neossolos (28,30%), são caracterizados por sua profundidade, bem arenosos e drenados, porém quando desprovidos da cobertura vegetal são mais susceptíveis à erosão. Grande propensão ao desenvolvimento de erosão profunda (voçorocas e ravinas) e ocorrem geralmente em relevo que varia do plano ao ondulado (PRODEAGRO, 2000a; GUERRA e BOTELHO, 2001);

(iii) Plintossolos (12,20%), que são encontrados em ambientes de enchimento periódico, como as depressões do Alto Xingú e Médio Araguaia, e caracterizados pela acidez e drenagem moderada, em função do elevado grau de coesão, são solos minerais hidromórficos, ou pelo menos com alguma restrição de drenagem, tendo como característica principal a presença de horizonte plíntico dentro de 40 cm da superfície. Na maioria dos casos ocorrem em locais planos e baixos, onde há oscilação do lençol freático (PRODEAGRO, 2000a; GUERRA e BOTELHO, 2001);

(iv) Cambissolos (11,80%), que possuem como característica o grau de suscetibilidade variável à erosão, dependente da profundidade e da declividade do terreno, são formados por minerais de fácil intemperização. São solos minerais não hidromórficos e com ausência de acumulação de argila. A textura é média ou argilosa, podendo ocorrer cascalhos (PRODEAGRO, 2000a; GUERRA e BOTELHO, 2001).

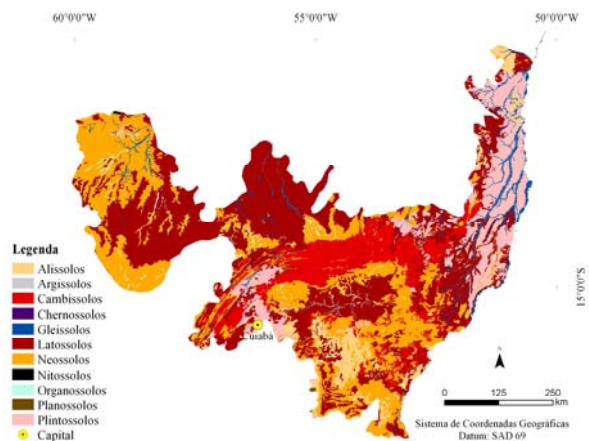


Fig. 8 – Mapa de solos da área de estudo.
Fonte: PRODEAGRO (2000b)

Somente a classe dos Latossolos não apresentou crescimento superior a 50%, no intervalo de tempo considerado. Isto é um indicativo que diferentes tipos de solos estão sendo usados para atividades de natureza antrópica, seja para pasto, áreas de cultura ou desmatamentos.

Apesar de a classe Planossolo possuir pouca representatividade na área de estudo, ocorreu o crescimento de 322,1%. Isto é um indicio de ocupação sem planejamento dado que este tipo de solo se localiza

em áreas topograficamente baixas que ocupam áreas receptoras de águas provenientes de terrenos mais elevados (PRODEAGRO, 2000a). Os avanços tecnológicos desenvolvidos nos últimos anos também são responsáveis pela utilização cada vez maior de novas áreas para atividades de agricultura ou pecuária. Um exemplo é a utilização de aproximadamente metade da extensão da área dos Alissolos, que são caracterizados como álicos, ou seja, desprovidos de elementos nutrientes para os vegetais.

Por sua vez os Gleissolos, que apresentaram aumento de 76% de área, possuem limitações agrícolas em função da sua má drenagem, com presença de lençol freático alto e dos riscos de inundação que são freqüentes. A drenagem artificial é imprescindível para torná-los aptos à utilização agrícola com maior número de culturas. Há limitações também ao emprego de máquinas agrícolas (PRODEAGRO, 2000a).

4.3. Áreas alteradas entre 1990 e 2001, por classes de geomorfologia

A localização das áreas das classes de geomorfologia, mais representativas, e suas respectivas áreas alteradas para atividades antrópicas, podem ser observadas na Figura 9.

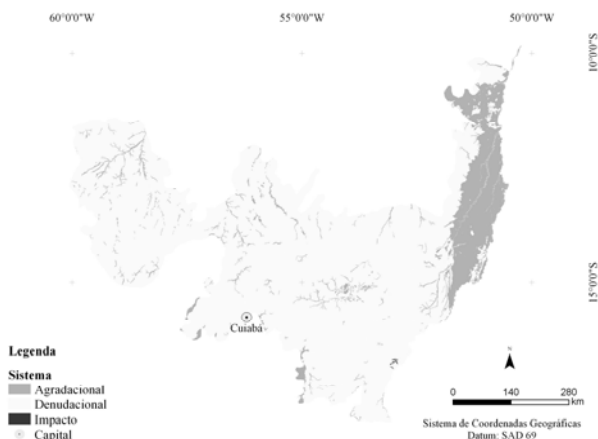


Fig. 9 – Mapa de geomorfologia da área de estudo.
Fonte: PRODEAGRO (2000b)

A geomorfologia geral do Estado do Mato Grosso apresenta diversos sistemas. O Sistema Denudacional é representado por formas de relevo que se encontra em processo geral de esculturação, onde predominam os aspectos destrutivos com rebaixamento contínuo das formas de relevo.

O Sistema Agradacional é baseado nos processos de acumulação proporcionado pelos sistemas geomorfológicos. A variação destes sistemas está associada predominantemente à variabilidade climática, em especial aos climas com grandes alterações de temperatura e precipitação. Os principais agentes que atuam nos processos de acumulação são a água (em suas diversas formas), a gravidade e o vento.

O Sistema de Impacto compreende as morfologias geradas pela queda de meteoritos e meteoros, geralmente gerando crateras e perturbações concêntricas na superfície. Este sistema ocorre em uma única área no Estado de Mato Grosso, sendo conhecido na literatura geomorfológica como “Domo de Araguainha”, em função de sua forma circular. Apresenta-se como uma estrutura, que se destaca na região mapeada, ocupando uma área de 1.300 km², com 40 km de diâmetro, localizada nas proximidades do rio Araguaia, na porção sudeste do Estado (PRODEAGRO, 2000b).

As classes mais representativas na área de estudo podem ser observadas na Figura 10. Para efeito de discussão, as classes selecionadas foram as do sistema Denudacional e Agradacional.

O sistema de Aplanamento é caracterizado por baixas declividades, baixa densidade de drenagem, com o material superficial composto por uma cobertura argilosa muito espessa que apresenta crostas ferruginosas em sua base (PRODEAGRO, 2000b). É a maior classe em extensão com cerca de 70% da área de estudo, e apresentou maiores valores de áreas alteradas em ambos os anos, com 74.095,7ha em 1990 e 107.645,3ha em 2001. Além disto, apresentou um crescimento em 11 anos de 45,3%, ou seja, a média de área convertida por ano foi de 3.050ha, aproximadamente.

O sistema de Blocos Falhados caracteriza-se estruturalmente como uma área onde esforços tectônicos interferem severamente na disposição das formas de relevo através de falhas e fissuras. As linhas de falhas e fraturas têm orientações bem definidas. O resultado destes esforços gera relevos com blocos abatidos (*graben*) e outros elevados (*horst*), que interferem na topografia original (PRODEAGRO, 2000b). O aumento relativamente pequeno de 12,6% entre os anos pode ser devido à complexidade deste tipo de sistema geomorfológico.

O sistema de Dissecação, também pertencente ao sistema Denudacional, corresponde às áreas onde as formas de relevo são predominantemente modeladas pelo entalhe fluvial e pluvial. O entalhe fluvial está associado aos trabalhos dos canais perenes e o entalhe pluvial é promovido apenas nos episódios chuvosos, onde as águas escoam em canais temporários (PRODEAGRO, 2000b). Neste sistema, no período considerado, houve um aumento de áreas alteradas de 7.676,6 km² para 10.052,3 km², do total de 22.307,0 km², atingindo assim a metade de sua área total. Estes dados demonstram que é necessária a mesma preocupação como no caso sistema de Planície, pois ambos os sistemas estão relacionados com os rios e sistemas de drenagem.

O sistema de Planície, que é uma classe do sistema agradacional, englobou neste trabalho os sistemas de Planície Aluvionar e Fluvial, e estes são associados às áreas próximas a rios e podem ser descritos como regiões que têm como gênese processos de agradação preponderantemente fluvial

(PRODEAGRO, 2000b). As áreas alteradas situadas nesta classe geomorfológica apresentaram aumento de 90,1%, passando de uma área de 2.539,5 km² para 4.828,2 km². Isto é um indício do avanço das atividades antrópicas em direção às áreas próximas aos rios, o que demonstra a preocupação com um possível assoreamento destes.

O sistema de Leques Fluviais localizados no Estado de Mato Grosso são feições residuais, elaboradas em clima semi-árido a árido. Um leque fluvial compõe-se da coalescência de cones aluviais, ou fluviais, de origem deposicional, situados em área plana, no sopé das montanhas. Também pode se caracterizar pela presença de uma rede de drenagem, que aflui de uma área mais alta e ao chegar a cotas mais baixas e com relevo menos declivoso, espalha-se em um sistema distributário, depositando a carga sedimentar grosseira em sua porção próxima, e as frações finas na porção mais distante (PRODEAGRO, 2000b).

TABELA 4 - ÁREAS ALTERADAS POR CLASSES DE GEOMORFOLOGIA NA ÁREA DE ESTUDO, PARA OS ANOS DE 1990 E 2001, EM MIL KM².

| Sistema | Área de estudo | % ¹ | 1990 | 2001 |
|-----------------|----------------|----------------|--------------|---------------|
| Aplanamento | 266,15 | 69,6 | 74,10 | 107,65 |
| Planície | 36,45 | 9,5 | 2,55 | 4,83 |
| Dissecação | 29,79 | 7,8 | 7,68 | 11,96 |
| Blocos Falhados | 22,31 | 5,8 | 8,99 | 10,05 |
| Leques Fluviais | 14,53 | 3,8 | 1,05 | 1,65 |
| Outros | 12,95 | 3,50 | 2,79 | 3,98 |
| TOTAL | 382,17 | 100 | 97,15 | 140,11 |

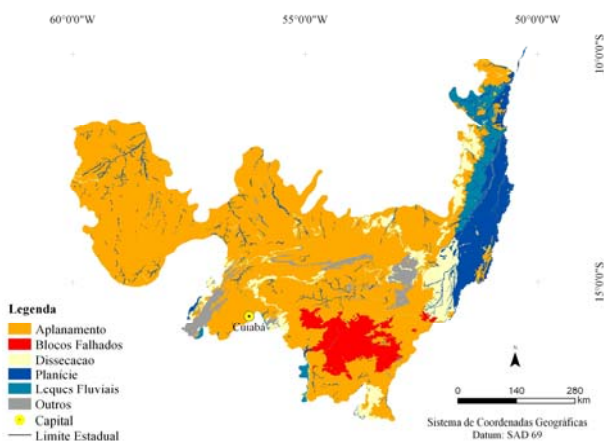


Fig. 10 – Mapa das classes de geomorfologia com maior representatividade na área de estudo. Fonte: PRODEAGRO (2000b)

Vale salientar a associação que os tipos de vegetação de Cerrado possuem com o relevo. As encostas com ravinas perdem muita água das chuvas por estarem ligadas a solos mais rasos e em declividades elevadas, assim são comuns áreas de campos que devido a pouca vegetação que possuem oferecem baixa proteção para o solo. O porte da vegetação muda em locais de ocorrência de afloramentos de rochas calcárias

ou ultrabásicas, sendo comum nestas áreas tipos de fitofisionomias de maior porte (COSTA e OLSZEWSKI, 2008). Mais informações destas associações podem ser encontradas nos trabalhos de Reatto et al. (2002a; 2002b).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Já em 1990 foi possível verificar grande ocorrência de alteração da cobertura vegetal natural de Cerrado em função de atividades antrópicas, onde aproximadamente 25% da área de estudo foram classificadas como áreas convertidas. Em 2001, com aumento de 44,2% em relação a 1990, as áreas alteradas puderam ser percebidas em maior número por toda região da área de estudo.

A mesorregião Norte apresentou maior taxa de crescimento de áreas alteradas. Verificou-se a existência de duas áreas de conversão com cenários diferenciados. A mesorregião Centro-Sul é uma região de ocupação anterior à mesorregião Norte, sendo esta, atualmente, mais dinâmica na abertura de novas áreas para pastagens ou culturas agrícolas.

Em relação aos tipos de solos, foi possível verificar que as áreas alteradas apresentaram uma configuração espacial que foi ao encontro das áreas de solos relacionados à drenagem e áreas receptoras de água, como os Plintossolos. Estas áreas, sem o adequado manejo, podem vir a iniciar processos de ravinas e voçorocas. Relacionando os tipos de solos, em áreas de alteração, com a geomorfologia pôde ser percebida que solos mais frágeis localizam-se em áreas geomorfológicas de permanente desgaste.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a atualização do mosaico das cenas que recobrem a área de estudo para atualização da máscara de áreas alteradas, sendo assim possível análises com dados em três períodos distintos. Uma vez atualizada, cruzar esta informação com dados fisiográficos, para continuidade do estudo da dinâmica espacial das alterações. Esta terceira informação, a máscara atualizada para uma data mais recente, poderia dar melhores condições para a modelagem do processo de alteração da vegetação no bioma Cerrado.

Indica-se a utilização de imagens Landsat também da época chuvosa, para melhor contrastar as regiões de formação savânica e campestre, e regiões de pastagens cultivadas. Além disto, utilizar como apoio na classificação das áreas convertidas mapas com informações auxiliares. Jensen (2009) afirma que intérpretes raramente realizam a interpretação de uma imagem sem algum outro tipo de informação, tais como mapas de: solos, geologia, geomorfologia, hidrologia, topografia, etc.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pela bolsa de pesquisa concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M. C.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, M. E.; BORGES, R. O.; SANO, E. E.; GOMES, M. P. Mapeamento do Uso do Solo e da Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado a partir de dados orbitais MODIS e SRTM e dados Censitários. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005, **Anais**. p. 2799-2801, 2005

ANDERSON, L. O. **Classificação e monitoramento da cobertura vegetal do estado do Mato Grosso utilizando dados multitemporais do sensor MODIS**. 2004. 247 p. (INPE-12290-TDI/986). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2004. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/08.31.13.56>>. Acesso em: 15 out. 2007.

ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E.; DEFRIES, R. S.; MORTON, D. C. M.; ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; JASINSKY, E.; HANSEN, M.; LIMA, A.; DUARTE, V. Utilização de dados multitemporais do sensor MODIS para o mapeamento da cobertura e uso da terra. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005, **Anais**. p. 3443-3450, 2005

BRASIL. **Agenda 21 brasileira** – Ações Prioritárias/ Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2002, 164 p.

BRASIL Ministério do Meio Ambiente. Edital Probio 02/2004. Projeto executivo B.02.02.109. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado**: relatório final. Brasília, DF, 93 p. Projeto concluído. Coordenador técnico: Edson E. Sano. Unidades executoras: Embrapa Cerrados, Universidade Federal de Uberlândia, Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/cerrado/documentos/relatorio_final.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2008. 2007.

CÂMARA, G.; FREITAS, U.; SOUZA, R.C.M.; GARRIDO, J. - SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object – **Oriented Data Modelling**. **Computers and Graphics**, vol. 15, n.6, 1996.

COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Caracterização da Paisagem do Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Org) **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. cap. 12, p 363 – 380

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J.G. (ed.). **Fire in the**

tropical biota. New York: Springer-Verlag, 1990. Cap. 6, p. 82-105.

FERREIRA, M.E.; FERREIRA Jr., L. G.; FERREIRA, N.C.; ROCHA, G.F.; NEMAYER, M. Desmatamentos no bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS - MOD13Q1. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, 2007, **Anais**. p. 3877-3883, 2007

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos Solos. In: Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T. (Org). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. cap 5, p 181-228.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Mapa de Biomas do Brasil - Primeira Aproximação** Escala 1:5.000.000 . 2004. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. Acesso em: 30 dez 2007

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto ambiente** : uma perspectiva em recursos terrestre / tradução José Carlos Neves Epiphanyo (coord.) – São José dos Campos, SP : Parêntese, 2009.

MUELLER, C. C.; MARTHA JÚNIOR, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do Cerrado. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Org) **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. cap 4, p 105 – 172.

NEPOMUCENO, A. M.; SANTA ROSA, A. N. C.; MENESES, P. R. Reconhecimento de Fitofisionomias do Cerrado no Parque Nacional de Brasília através de Classificação de Imagens de Radar de Abertura Sintética. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, 2003 **Anais**. p. 2823-2830, 2003.

PRODEAGRO **Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico: diagnóstico sócio-econômico-ecológico do Estado do Mato Grosso e assistência técnica na formulação da 2ª aproximação – levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Estado de Mato Grosso**. Cuiabá, MT, 136 p. Projeto concluído. Coordenador técnico: Mario V. dos Santos. Unidade executora: Projeto de Desenvolvimento Agroambiental Do Estado de Mato Grosso, 2000a.

PRODEAGRO **Zoneamento Sócio-Econômico-Ecológico: diagnóstico sócio-econômico-ecológico do estado de mato grosso e assistência técnica na formulação da 2ª aproximação apresentação geral das memórias técnicas - geomorfologia**. Cuiabá, MT, 52 p. Projeto concluído. Coordenador técnico: Mario V. dos Santos. Unidade executora: Projeto de

Desenvolvimento Agroambiental Do Estado de Mato Grosso, 2000b.

RATANA, P.; HUETE, A. R.; JACOBSON, A.; YIN, Y.; DIDAN, K. Investigation of Spatio-temporal Vegetation Variations and Conversion along an Amazon Eco-climatic Transect using MODIS VI Time Series. In: MODIS VEGETATION WORKSHOP, 2. Montana – EUA. **Proceedings...** Montana – EUA, 2004. Disponível em: <http://www.ntsug.umt.edu/MODISVeg.2004/posters/Ratana-MODISposter_2004.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2007

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V. **Relação entre classes de solos e as fitofisionomias da área de preservação ambiental - Apa de Cafuringa, escala 1:100.000.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002, 38p. Disponível em: <http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2002/bolpd/bolpd_46.pdf>. Acesso em: 14 jan 2009

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V. da; BLOISE, G. L. F.; CARDOSO, E. A.; SPERA, S. T.; CARVALHO JUNIOR, O. A. de; GUIMARAES, R. F. **Relações entre os tipos fitofisionômicos e os solos da margem direita do Córrego Divisa - Bacia do São Bartolomeu-DF escala 1:100.000.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002, 20p. Disponível em: <http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2002/bolpd/bolpd_48.pdf>. Acesso em: 14 jan 2009

SANO, E.E.; BARCELLOS, A.O.; BEZERRA, H.S. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no Cerrado brasileiro.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 21 p.

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. **Pasturas Tropicales**, v. 22, n. 3, p. 2–15, 2002.

SILVA, E. T. J. B; FERREIRA, L. G. Efeito da degradação da resolução radiométrica em imagens índices de vegetação MODIS e implicações para a detecção de mudanças na cobertura vegetal do bioma Cerrado. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, 2005, **Anais.**, p. 3333-33401, 2005.